



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Yasuji SEKO et al.

Application No.: 10/660,582

Filed: September 12, 2003

Docket No.: 117159

For: POSITION MEASUREMENT SYSTEM

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application 2003-002073 filed on January 8, 2003

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Joel S. Armstrong
Registration No. 36,430

JAO:JSA/amo

Date: December 1, 2003

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION
Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 1月 8日

出願番号 Application Number: 特願 2003-002073

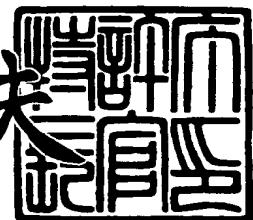
[ST. 10/C]: [JP 2003-002073]

出願人 Applicant(s): 富士ゼロックス株式会社

2003年11月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特 2003-3093037

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE02-02159

【提出日】 平成15年 1月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 9/02

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 濱吉 保次

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 村井 和昌

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 宮崎 淳

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 堀田 宏之

【特許出願人】

【識別番号】 000005496

【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【代理人】

【識別番号】 100090583

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 清

【選任した代理人】

【識別番号】 100098110

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 みどり

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 051035

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位置計測システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源と、前記光源からの光を透過して球面収差により光集中領域を形成する光学レンズ系と、前記光学レンズ系により形成された光集中領域を検出する受光素子と、前記受光素子により検出された光集中領域の検出情報に基づいて前記光源の位置を計測する演算装置とを備えたことを特徴とする位置計測システム。

【請求項 2】 前記光集中領域が光リング形状を有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置計測システム。

【請求項 3】 前記光学レンズ系が、光を入射する第 1 面と光を出射する第 2 面を有する 1 枚の凸形状レンズで構成されており、前記第 1 面または第 2 面が曲率半径 R の球面を有し、レンズ直径 Φ が $R/4$ 以上であることを特徴とする請求項 1 に記載の位置計測システム。

【請求項 4】 前記レンズの中心部の厚さが曲率半径 R と等しいまたはそれ以上であることを特徴とする請求項 3 に記載の位置計測システム。

【請求項 5】 前記レンズが、球体を半分に割った半球または半球の一部で構成された半球レンズであり、第 1 面が平面を有し、第 2 面が球面を有することを特徴とする請求項 4 に記載の位置計測システム。

【請求項 6】 前記光集中領域が光ライン形状を有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置計測システム。

【請求項 7】 前記光学レンズ系が、光を入射する第 1 面と光を出射する第 2 面を有する 1 枚の凸形状レンズで構成されており、第 1 面または第 2 面が曲率半径 R の円筒面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置計測システム。

【請求項 8】 前記光学レンズ系が、光を入射する第 1 面と光を出射する第 2 面を有する 1 枚のレンズで構成されており、第 1 面が凹形状を有し、第 2 面が凸形状の球面または円筒面を有することを特徴とする請求項 1 に記載の位置計測システム。

【請求項 9】 前記光学レンズ系が、光を入射する第 1 面と光を出射する第

2面を有する1枚のレンズで構成されており、第1面が凸形状の球面または円筒面を有し、第2面が平面を有しており、第2面の平面に前記受光素子が密着して設けられていることを特徴とする請求項1に記載の位置計測システム。

【請求項10】 前記光学レンズ系が、球体レンズ、円筒レンズおよび樽形状レンズのうちのいずれかを有することを特徴とする請求項1に記載の位置計測システム。

【請求項11】 光源と、前記光源からの光を反射して球面収差により光集中領域を形成する光学ミラー系と、前記光学ミラー系により形成された光集中領域を検出する受光素子と、前記受光素子により検出された光集中領域の検出情報に基づいて前記光源の位置を計測する演算装置とを備えたことを特徴とする位置計測システム。

【請求項12】 前記光集中領域が光リング形状を有することを特徴とする請求項11に記載の位置計測システム。

【請求項13】 前記光学ミラー系が曲率半径Rの球面ミラーであり、ミラー一直径ΦがR/5以上であることを特徴とする請求項11に記載の位置計測システム。

【請求項14】 前記光源が移動物体に搭載されていることを特徴とする請求項1～13のいずれかに記載の位置計測システム。

【請求項15】 前記光源が複数個の光源を有し、各光源の発光波長または発光の時系列パターンが異なることを特徴とする請求項14に記載の位置計測システム。

【請求項16】 前記光源が外部からの光を反射する光反射部材からなることを特徴とする請求項1～15のいずれかに記載の位置計測システム。

【請求項17】 前記受光素子が結像光学系を有するデジタルカメラで構成されていることを特徴とする請求項1～16のいずれかに記載の位置計測システム。

【請求項18】 前記光学レンズ系または光学ミラー系と受光素子との間に光拡散部材を備えたことを特徴とする請求項17に記載の位置計測システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、発光体と光学レンズを利用して、対象物の3次元（1次元、2次元を含む）位置を計測する位置計測システムに関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

発光体（あるいは輝度の高い対象物）の3次元位置を計測する手段としては、デジタルカメラ2台で発光体を撮影し、カメラ2台間の距離を基線とした三角測量の原理で発光体の座標を算出する方法がよく用いられる。しかし、この方法ではカメラが2台以上が必要であり、コストが高くなる問題点がある。また、対象物をピントがボケないように焦点を合わせて撮影しなければならず、速くても1秒間に10回程度しか撮影できないという問題がある。また、高速で動く対象物の場合には、焦点合わせが間に合わず、位置計測ができない、あるいはピントがボケて位置精度や分解能が極端に悪くなるという問題が発生する。

【0003】

一方、発光体の位置計測を高精度に行う方法として光干渉法がよく用いられる。代表的な光干渉法としては、レーザ光源から出た光をビームスプリッターなどを用いて2つに分割し、その一方を対象物に照射し、他方を参照光としてミラーに照射して元の光路に戻し、対象物からの反射光と参照光とを重ね合わせて干渉させる方法がある。この方法では、波長以下の分解能で位置や変位を計測できるという特徴があるが、しかしビームスプリッターや反射ミラーなどの光学部品が必要で、部品数が多く、かつコストが高いという問題がある。また、これらの部品の組立には高い位置精度が要求され、手間がかかりコストが高いという問題がある。また、自動焦点機構などが必要で、高速計測が困難である等の欠点がある。さらに、レーザ光はスポット状あるいは線状に成形されて対象物に照射されるので、安全面での注意が必要である。

【0004】

また、新しい位置計測として、次に示す非特許文献1には光干渉レンズ法が提案されている。

【非特許文献1】

第63回応用物理学関係連合講演会、講演予稿集（2002.9）、871頁
、24p-ZN-7、瀬古保次、新しい光計測「光干渉レンズ法」

この技術は、半導体レーザ光源の光を光学レンズで集光し、CCDセンサー上に同心円干渉模様を形成して、光源の位置を計測するものである。同心円の光干渉模様はレンズの球面収差や2重焦点レンズなどを利用して、光をCCDセンサー上で重ねることにより形成する。この干渉模様は光強度がゼロとピークの間を急峻に変化するので、その移動を通常のCCDセンサーで高感度で捉えることができ、光源の位置を高分解能で測定することができる。また、干渉模様は光源の距離に関係なく常に鮮明な像として形成されるので、焦点合わせが不要というものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

このように従来、発光体（あるいは輝度の高い対象物）の3次元位置を高精度、高分解能で計測するには、自動焦点機構を持ったカメラが2台必要でコストが高い、あるいは焦点合わせに時間がかかるために計測の高速化が困難、あるいはレーザを利用するため、安全面での注意が必要である等の問題があった。また、光干渉レンズ法では干渉模様から位置を計測するための計算が複雑であるという問題がある。

【0006】

従って本発明の目的は、光を用いて位置計測を単純かつ低コストで行うことができる位置計測システムを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的は、光源と、前記光源からの光を透過して球面収差により光集中領域を形成する光学レンズ系と、前記光学レンズ系により形成された光集中領域を検出する受光素子と、前記受光素子により検出された光集中領域の検出情報に基づいて前記光源の位置を計測する演算装置とを備えた位置計測システムにより、達成される。

【0008】

ここで、前記光集中領域は例えば光リング形状を有するものであり、具体的には円形状、橢円形状またはこれらに近い形状のものとすることができます。また、前記光学レンズ系は、好適には、光を入射する第1面と光を出射する第2面を有する1枚の凸形状レンズで構成されており、前記第1面または第2面が曲率半径Rの球面を有し、レンズ直径ΦがR/4以上とされる。前記レンズの中心部の厚さは曲率半径Rと等しいまたはそれ以上とすることができます。前記レンズは、球体を半分に割った半球または半球の一部で構成された半球レンズとすることができます、この場合第1面が平面を有し、第2面が球面を有する。

【0009】

また、前記光集中領域が光ライン形状を有するようにすることができます。前記光学レンズ系は、光を入射する第1面と光を出射する第2面を有する1枚の凸形状レンズで構成されており、第1面または第2面が曲率半径Rの円筒面を有するすることができます。また、前記光学レンズ系は、光を入射する第1面と光を出射する第2面を有する1枚のレンズで構成されており、第1面が凹形状を有し、第2面が凸形状の球面または円筒面を有することができる。さらに、前記光学レンズ系は、光を入射する第1面と光を出射する第2面を有する1枚のレンズで構成されており、第1面が凸形状の球面または円筒面を有し、第2面が平面を有しており、第2面の平面に前記受光素子を密着して設けることができる。前記光学レンズ系は、球体レンズ、円筒レンズおよび樽形状レンズのうちのいずれかを有するものとすることができます。

【0010】

さらに、本発明に係る位置計測システムは、光源と、前記光源からの光を反射して球面収差により光集中領域を形成する光学ミラー系と、前記光学ミラー系により形成された光集中領域を検出する受光素子と、前記受光素子により検出された光集中領域の検出情報に基づいて前記光源の位置を計測する演算装置とを備えたものである。ここで、前記光集中領域は光リング形状とすることができます。前記光学ミラー系は曲率半径Rの球面ミラーであり、ミラー直径ΦをR/5以上とすることができます。

【0011】

また、前記光源は移動物体に搭載することができる。前記光源は複数個の光源を有し、各光源の発光波長または発光の時系列パターンが異なるようにすることができます。前記光源は外部からの光を反射する光反射部材から構成することができる。前記受光素子は結像光学系を有するデジタルカメラで構成することができる。前記光学レンズ系または光学ミラー系と受光素子との間に光拡散部材を備えたことができる。

このように構成することにより、光を用いて位置計測を単純かつ低コストで行うことができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明に係る位置計測システムの実施の形態の一例を示す図である。以下、本発明の実施の形態について説明するが、その前にまず、本図を用いて本発明の原理について説明する。ここでは例として、球面収差の大きい半球レンズを用いて、受光面に光集中領域（例えば、光リング）を形成する場合について説明する。

【0013】

図1において、点光源1から放射された光は、光線の軌跡4に示すように半球レンズ2の第1面である平面に入射する。ここで光はスネルの法則に従って屈折する。次に光は球面形状のレンズ第2面に到達し、屈折する。第2面が球面であるため、光は光軸上に集光されるが、レンズの球面収差が大きいために1点には集光されず、光線の軌跡5に示すように光軸上のある広がりを持った範囲に集光される。光線を追跡すると、光軸に近いレンズ領域を通過した光線はレンズから離れた光軸上に集光するが、光軸から遠いレンズ領域を通過した光線はレンズに近い光軸上に集光することが分かる。従って、図1に示すような光軸上の位置にCCDセンサー等の受光素子3の受光面を設置すると、光がレンズの光軸付近から離れるに従い、最初は、受光面上の光位置も同様に光軸から離れていくが、しかし、光がさらにレンズの光軸から遠ざかると、今度はレンズによる屈折の効果が大きくなり、逆に光軸に近づき始める。つまり、レンズを通過する光が光軸か

ら離れるに従い、受光面上では光は最初光軸から離れていき、途中で折り返して光軸に近づき始め、そしてさらに光軸を通過して反対側に広がっていく挙動を示す。受光面の2次元平面で考えると、この折り返し点は光軸を中心とした円となり、さらにその折り返し点では光密度が高い光集中領域となるために、光リングが形成される。この光リングの光強度分布を次のとおりシミュレーションにより求めた。

【0014】

図2は、半球レンズによる光リングのシミュレーション結果を示す図である。シミュレーションでは、光学レンズ（半球レンズ）として第1面は平面、第2面は曲率半径 $R = 20\text{ mm}$ の凸球面、屈折率は $n = 1.51$ とした。点光源はレンズ第1面からの距離 100 mm のレンズ光軸上に設置した。受光素子（CCDセンサー）の受光面はレンズ第2面から距離 14.3 mm の位置にある光軸に垂直な平面とした。レンズ第1面には半径 12 mm の絞りを設置し、レンズに入射する光を半径 12 mm の円とし、これより外側の光をカットした。図2に示されているように、光リングは最外周部のみが極端に光強度が高くなり、最外周から内部に向かって急激に光強度が低下する。つまり、線の細い光リングが形成される。この光リングは光源が光軸上にある時は真円形をしており、光源がレンズから離れるに従い直径が小さくなり、光源がレンズに近づくと直径が大きくなる。また、光源が光軸に垂直な方向に移動した場合には、光リング全体が光源の移動方向と反対の方向に移動する。従って、光源位置と光リングの形状や座標との関係を数式化することにより、図1の演算装置9で演算処理して光リングの形状や座標の信号から光源の座標を測定することができる。具体的測定方法については後述する。また、本例では光リングについて説明したが、これに限定されることはなく、例えば楕円リングや光ライン（線状の光）等の光集中領域の検出情報から光源の位置計測を行うこともできる。

このように本発明に係る位置計測システムは、光源1と、光源1からの光を透過して球面収差により光集中領域を形成する光学レンズ系2と、光学レンズ系2により形成された光集中領域を検出する受光素子3と、受光素子3により検出された光集中領域の検出情報に基づいて光源1の位置を計測する演算装置9とを備

えて構成される。

【0015】

(実施例1)

実施例1では、LED光源の光を半球レンズを用いて集光して光リングを形成し、これをCCDラインセンサーで検出した実験結果を示す。半球レンズとしては、曲率半径 $R = 20\text{ mm}$ 、レンズ直径 36 mm 、厚さ 20 mm 、屈折率 1.5 の平凸レンズを用いた。光が入射するレンズの第1面を平面とし、光が出射する第2面を球面になるように配置し、LED光源とレンズ第1面との距離を 100 mm 、レンズ第2面とCCDラインセンサーとの距離を 14.3 mm となるように設定した。LED光源には波長 670 nm のLED発光素子を用いた。CCDラインセンサーはCCD画素が $4.5\mu\text{m}$ ピッチで 7500 個配列された長さ 35 mm の1次元センサーを用いた。

【0016】

図3は、上述の条件においてCCDラインセンサーが捉えた画像を示す図である。この画像6-2は横軸が各画素が捉えた画像であり、縦軸は時間軸である。言い換えると、時間的に連続したCCDのライン出力を縦に並べた画像である。CCD画像6-2には間隔をあけて2本の白い線5-2L1、5-2L2が捉えられている。これらの白い線が光リングの断面図に相当する。光リングの直径は 12.6 mm であったが、これは図2に示したシミュレーション結果と一致しており、レンズの球面収差を利用した光リングの形成はシミュレーションにより高い精度で予測できることが分かった。また、CCD画像の白い線5-2L1の拡大図をそのまま上に表示しているが、これからも光リングの線幅が $100\mu\text{m}$ の長さと比べかなり狭いことが分かる。この線幅が狭いが故に、光リングの移動をCCDセンサーが敏感に検出することができる。

【0017】

また、このCCD画像の拡大図では干渉模様のような濃淡パターンが観察されている。そこで、LED光源から放射された光がレンズの球面収差によりCCD上で重ね合わされ、光干渉が発生すると考えた場合のシミュレーションを行った。その結果を図4に示す。シミュレーションによる干渉の間隔とCCD画像の濃

淡パターンの間隔が一致していることから、CCDの捉えた画像はレンズの球面収差による光の重ね合わせに起因した干渉現象であることが確認できた。つまり、レンズの球面収差を用いて、光リングを形成した場合には、コヒーレンス長が短いLED発光素子でも干渉が観察できることが見いだされた。

【0018】

(実施例2)

実施例2では、実施例1と同じ半球レンズを用い、光源として半導体レーザを使用した、光源が2次元平面を移動した場合に光源位置を計測した例を示す。半導体レーザの波長は670nmであった。受光素子には実施例1と同じCCDラインセンサーを用いた。CCDラインセンサーはその中点で光軸と交差し、その交点を座標の原点とした。光軸をx軸、CCDラインセンサーの方向をy軸とした。光源の座標を(x, y)とする。まず、半導体レーザ光源をx軸(光軸)上で移動させた場合にCCDラインセンサーが撮像した光リングの位置を図5に示す。図5において、横軸はラインセンサーの画素位置、縦軸は光強度を示す。図中には半導体レーザ光源とレンズ第1面との距離(光源距離)が記入されている。図5から、光源が遠ざかると光リングの直径が小さくなり、近づくと光リングの直径が大きくなっている様子が分かる。このグラフから光源距離xと光リングの直径D_{y=0}との関係を図6に整理した。D_{y=0}は光源のy座標がゼロであることを示す(y=0)。図6において、横軸は光源距離xの逆数X(X=1/x)であり、縦軸は光リングの直径(mm)である。このグラフから、光リングの直径D_{y=0}は

$$D_{y=0} = d_1 * X^2 + d_2 * X + d_3 \quad (\text{式1})$$

と、Xの2次式で高精度に近似できることが分かった。ここで、d₁=0.0004、d₂=0.4078、d₃=8.6003であった。

【0019】

次に、光源を光軸に垂直なy軸方向に移動させた場合の光リングの位置を図7に示す。図7において、横軸は光源のy座標(光軸に垂直)を示し、縦軸はラインセンサーのリング位置を示す。光源のx座標は100mm、150mm、300mmと固定した。光源をy軸マイナス方向に移動させた場合、光リング全体は

光源と逆方向の y 軸プラス方向に移動する。光リングの右エッジと左エッジのラインセンサー上の座標を C_l 、 C_r とすると、これらは光源の y 座標の 1 次式で近似できる。光リングの左エッジと右エッジの CCD ラインセンサー上の座標 C_l と C_r は光源の y 座標に対して

$$C_l = a_l * y - D_y = 0 / 2 \quad (\text{式 } 2)$$

$$C_r = a_r * y + D_y = 0 / 2 \quad (\text{式 } 3)$$

で表される。ここで、 $D_y = 0$ は光源が光軸上 ($y = 0$) にある場合の光リングの直径である。

【0020】

この式における y の係数 a_l 、 a_r と光源の x 座標との関係を図 8 に示す。図 8 において、横軸は x の逆数 X ($X = 1 / x$)、縦軸は y の係数である。y の係数は次のように X の 1 次式で表される。

$$a_l = b_l * X + c_l \quad (\text{式 } 4)$$

$$a_r = b_r * X + c_r \quad (\text{式 } 5)$$

ここで、 $b_l = 0.0226$ 、 $c_l = -0.0045$ 、 $b_r = 0.0192$ 、 $c_r = 0.0069$ であった。

【0021】

上述の式 2 と式 3 から y を消去し、 X だけの式とし、そこに式 1、式 4、式 5 を代入すると、

$$(C_l + (d_l * X^2 + d_r * X + d_3) / 2) / (C_r - (d_l * X^2 + d_r * X + d_3) / 2) = (b_l * X + c_l) / (b_r * X + c_r) \quad (\text{式 } 6)$$

が得られる。

【0022】

この式は X の 3 次方程式 ($A X^3 + B X^2 + C X + D = 0$) であり、解析的に解を求めることができる。この解の内、X の値がマイナス、虚数など不適当な値を除去すると、1 個の正解が得られる。光源の座標が解析的に得られることの特徴は、光源の位置計測を高速に処理できることにある。

以上のように、ラインセンサーを用いて光源の 2 次元平面内での位置を実際に計測することができた。

【0023】

また、上記の例では光学レンズとして半球レンズを使用したが、光源の2次元位置計測では半球レンズの代わりに円筒レンズ（シリンドリカルレンズ）を利用することができます。この場合、2次元平面に対して垂直にレンズ円筒面を位置させることで、CCD上には光リングではなく2本の光線（光ライン）が形成される。この光線位置をCCDで読み取ることで、2次元位置計測を行うことができる。

また、上記の例は、光源の2次元位置計測の実施例であるが、光源を3次元空間で移動させた場合にも同様の手法で計測できることは言うまでもない。

【0024】

（実施例3）

レンズ直径Φが曲率半径Rの1/4以上あることが望ましいことを実施例3で示す。半球レンズの球面収差により光が折り返し、光リングが形成される条件をシミュレーションにより調べた。シミュレーションでは光源を光軸上の距離10mに配置し、CCDとレンズの距離を実用的な範囲と思われるレンズ曲率半径Rの1.5倍とした。半球レンズの屈折率は一般的な1.51とした。その結果を図9に示す。図9において、横軸は曲率半径Rを、縦軸はレンズ直径Φを示す。図中に示された■印で示された値は、実用的な条件において、光リングが形成される最小のレンズ直径である。参考のために、レンズの曲率半径Rの1/4の直線を記入した。この直線と■印がほぼ等しい値を示している。すなわち、レンズ直径が曲率半径の約1/4より大きいレンズ場合に、実用的な条件において、球面収差による光の折り返しが発生し、光リングが形成されるということが分かった。

【0025】

本実施例では、半球レンズの例を上げたが、必ずしも半球レンズである必要はなく、球面収差の大きいレンズ系であればよい。たとえば、球体レンズは半球レンズよりも球面収差が大きい効果をもつので、このレンズを用いても光リングを形成できる条件があることは自明のことである。また、半球レンズを用いた場合でも、完全な半球レンズである必要はない。たとえば、半球レンズの平面側を完

全な平面から凹レンズとすることで、光源の距離を見かけ上近づけたようにすることができ、光源の光軸方向の移動に対して光リングの変化量が大きくなるという効果がある。

【0026】

(実施例4)

本実施例では、高い屈折率の半球レンズを用いて、光源位置がレンズに対して広角の範囲内に存在しても、球面収差による光の折り返しで光リングを形成できることを示す。本実施例において、半球レンズの屈折率は $n = 1.82$ 、曲率半径は $R = 20\text{ mm}$ 、アパー・チャ・径は $\phi = 11\text{ mm}$ とした。レンズと光リングの投影面との距離は 14.3 mm とし、光源を光軸上の $(300\text{ mm}, 0, 0)$ の位置から光軸に対して 45 度の画角の位置 $(300\text{ mm}, 0, -300\text{ mm})$ に移動した。その場合の光リングの位置変化を図10に示す。図10において、横軸は投影面の z 軸で、縦軸は投影面の y 軸である。光リングは光源と逆方向に移動するので、光源が z 軸に -300 mm 移動すると、光リングは z 軸のプラス方向に移動している。 x 軸の距離は 300 mm で変化はないが、 z 軸に -300 mm 移動することで、光源とレンズを結ぶ直線距離が長くなるので、光リングのサイズが小さくなっている。光源はレンズの中心に対して 45 度の画角位置にあるが、光リング全体がきれいに形成されたことが確認できた。このように、高い屈折率のレンズを用いると、高画角の光源に対しても対応できることが分かった。低い屈折率のレンズを用いて、同じ条件でシミュレーション実験を行うと球面収差による光折り返しが起こらず、円形の光リングは形成できなかった。以上から、光源が広い画角に存在する場合には、高い屈折率のレンズが有効であることが分かった。

【0027】

また、本実施例において、光リングの投影面にCCDセンサーを設置することもできるが、それ以外にも、半透明の拡散紙を用いることができる。その場合には図11(a)に示すように、光源1-4から出た光は球面収差の大きいレンズ2-4により光リングが半透明の拡散紙6-4上に形成される。この拡散紙は半透明であるので、裏側からも光リングを観察することができる。従って、結像光

学系7-4とCCDセンサー3-4を用いて光リングを検出できる。この用法の特徴は、半透明の拡散紙は大きな面積にすることが容易で、光リングの移動量を大きく取れることである。それにより、高画角に対応した位置計測システムを作製することができる。

【0028】

また、光リングの投影面に半透明の拡散紙を設置せず、図11（b）のように、結像光学系7-4aとCCDセンサー3-4だけを設置した構成でも光リングを検出することができる。球面収差の大きいレンズ2-4を通過した光は光軸に対して大きな角度を持っていることが多いので、これらの光をきちんと結像するためには、直徑の比較的大きなレンズが必要になってくる。そのようなレンズで結像光学系7-4aを作製すれば、CCDセンサー3-4に光リングを結像させることができる。この方法の効果は、光拡散紙のような媒体を用いないので光強度を低下させずにCCDセンサー上3-4に光リングを形成できることにある。つまり、CCDセンサーは強度の高い光リングを検出できるので、ノイズが少ない輪郭のはっきりした光リングを検出することができる。

【0029】

（実施例5）

本実施例では光学ミラーを用いて光リングを形成する例について説明する。光学ミラーとしては曲率半径 $R = 20\text{ mm}$ 、直徑 9 mm の凹型球面ミラーを用いた。光源は光軸上の 300 mm 離れた位置に置いた。CCDセンサーはミラーから光源に向かって光軸上の 8 mm の位置に設置した。この条件でCCDセンサー上に形成される光強度をシミュレーションにより計算した。その光強度を図12に示す。本実施例の場合も光学レンズの場合と同様に光リングが形成された。一般に、球面ミラーの方が球面レンズよりも球面収差の影響が大きい。そのため球面ミラーは、光源が光軸上を移動した場合の、光リングのサイズ変化が大きいという特徴があり、より高精度な位置計測に適する。

次に、光学ミラーの球面収差により実用的な光リングが形成できる条件を表1に示す。

【0030】

【表1】

表1

曲率半径mm	20	25	30	35	40	45	50
ミラー直径mm	4	5	6	7	8	9	10
CCD距離mm	10	12	14.5	17	19.5	22	24.5

【0031】

この表から分かるように、曲率半径Rに対してミラーの直径Φがその約1/5より大きい場合に実用的な光リングが形成できた。これよりミラー直径を小さくすると、光リングの直径が極めて小さくなり、リング形状ではなくなり、単なる光点となってしまう。以上のように、光学ミラーの球面収差により、光リングを形成する場合には、ミラーの直径はその曲率半径の1/5以上に設定すると有効であることを見出した。

このように本発明に係る位置計測システムは、光源と、この光源からの光を反射して球面収差により光集中領域を形成する光学ミラー系と、この光学ミラー系により形成された光集中領域を検出する受光素子と、この受光素子により検出された光集中領域の検出情報に基づいて前記光源の位置を計測する演算装置とを備えて構成することができる。

【0032】

(実施例6)

本実施例では、光源として赤、緑、青のLED3個を用い、各々のLED光源をペンに搭載して、その位置を1個のレンズと1個のCCDセンサーで検出した例を説明する。

【0033】

本実施例において、光源として、波長450nmの青色LEDと波長550n

mの緑色LEDと波長670nmの赤色LEDをそれぞれ青色インクのペン、緑色インクのペン、赤色インクのペンにそれぞれ搭載した。A3サイズの紙の角にRGB三色の映像を撮影することができるCCDラインセンサーカメラを設置した。このカメラのレンズには屈折率1.82、曲率半径22mmの半球レンズを搭載した。CCDラインセンサー受光面とレンズの距離は13mmとした。CCDラインセンサーはRGBの光を別々に撮像する3個のラインセンサーで構成されており、RGBの光リングを識別してリアルタイムでパソコンに入力することができる。実施例2で説明した方法を用いることにより、瞬間に青色ペン、緑色ペン、赤色ペンの位置を算出することができた。また、そのRGBのペンに対応して、パソコン上の「お絵かきソフト」にも青、緑、赤の絵を書くことができた。

【0034】

この方法では市販のカラーラインセンサーを利用して、RGBの光源を識別できるので、複数の光源を簡易にかつ安価に識別してコンピュータに入力できる特徴がある。このように本発明は、位置計測の他、マウスやポインターやペン入力などの入力装置として利用することができる。

【0035】

本実施例では、ペンに光源を搭載して、ペンの動きをリアルタイムでコンピュータに入力する例をあげたが、この移動物体は人間や自動車などにも適用できる。また、本実施例では波長の異なる発光素子を用いて光源を識別したが、同じ波長のLEDでも、時系列の発光パターンを変えることにより、センサーで光源を識別することが可能になる。このような方法を用いても本実施例と同様の効果が得られる。

【0036】

また、本実施例ではLED発光素子を用いたが、必ずしも発光素子である必要はなく、反射率の高い小さい光反射部材を用いることもできる。たとえば、光反射部材として直径1mm程度のステンレス球を移動物体に搭載し、それに白色照明などを照射すると、ステンレス球からは強い光は四方八方に反射される。その光を球面収差の大きい光学素子で集光し、光リングを形成して、受光素子で検出

することができる。

【0037】

【発明の効果】

本発明によれば、光を用いて位置計測を単純かつ低成本で行うことができる位置計測システムを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る位置計測システムの実施の形態の一例を示す図である。

【図2】

半球レンズによる光リングのシミュレーション結果を示す図である。

【図3】

CCDラインセンサーが捉えた画像を示す図である。

【図4】

光リングの断面のシミュレーション結果を示す図である。

【図5】

ラインセンサーが捉えた光リングの断面の光量分布を示す図である。

【図6】

光軸上の光源の距離と光リングの直径との関係を示すグラフである。

【図7】

光軸に垂直な方向の光源移動距離と光リング位置の関係を示すグラフである。

【図8】

光リングのy方向移動係数と光源のx座標との関係を示すグラフである。

【図9】

光リングが形成されるレンズ直径と曲率半径の関係を示すグラフである。

【図10】

光リングの移動を説明するための図である。

【図11】

(a) は光リングを拡散紙を用いて検出する方法、(b) は光リングを拡散紙なしで検出する方法を示す図である。

【図12】

球面ミラーによる光リングのシミュレーション結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1、1-4 光源
- 2、2-4 球面収差の大きい光学レンズ
- 3、3-2、3-4 CCDセンサー
- 4、5 光線の軌跡
- 5-2 光リング
- 5-2 L 1 光の折り返し点（左エッジ）
- 5-2 L 2 光の折り返し点（右エッジ）
- 6-2 CCDセンサーが捉えた時系列画像
- 6-4 光拡散紙
- 7-4 結像光学系

【書類名】 図面

【図1】

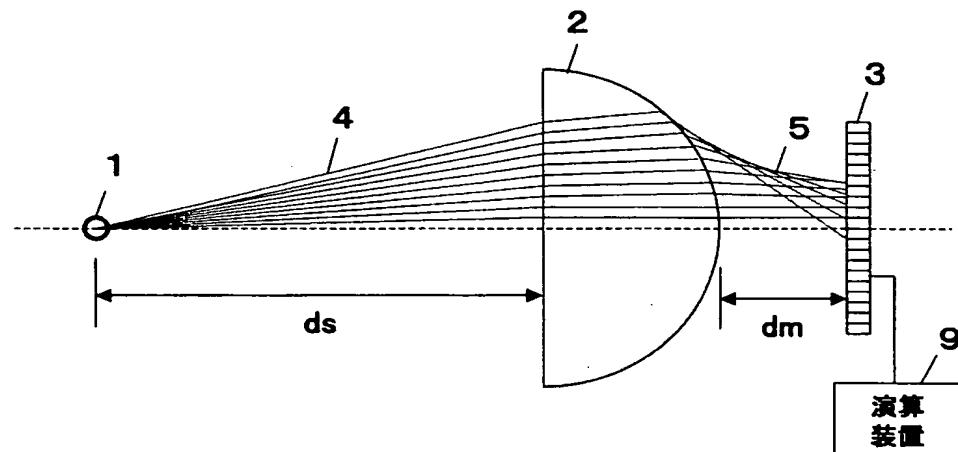


図1

【図2】

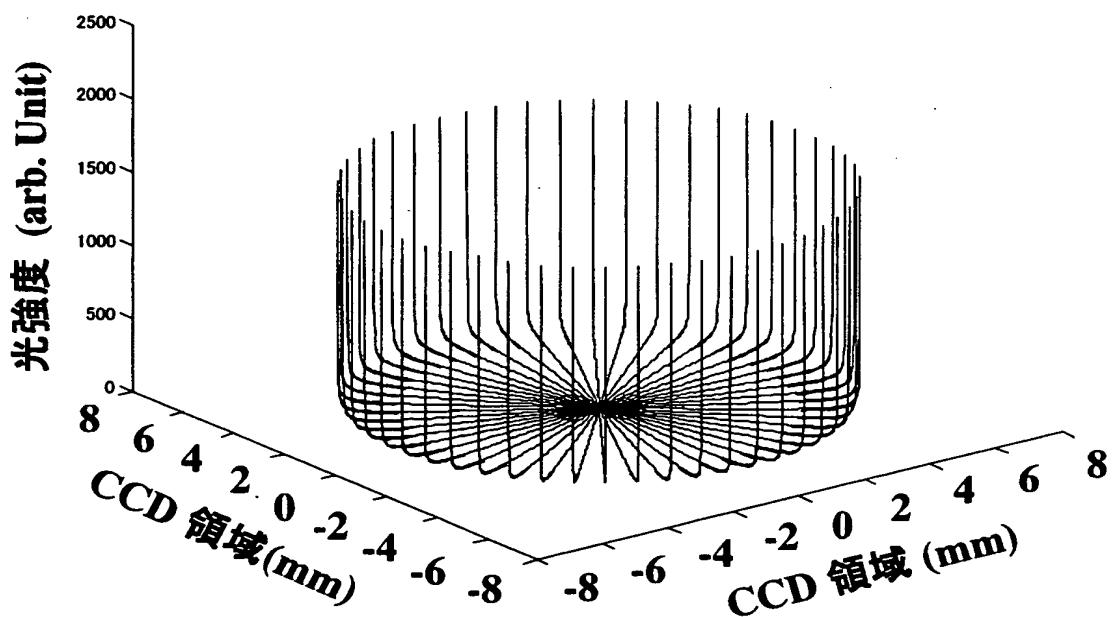


図2

【図3】

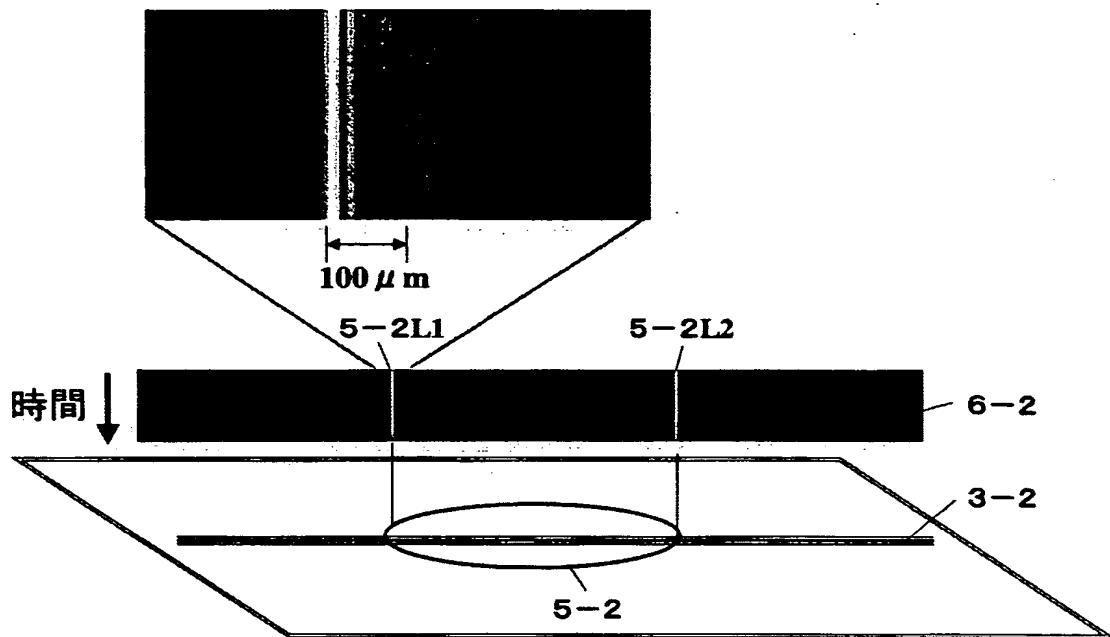


図3

【図4】

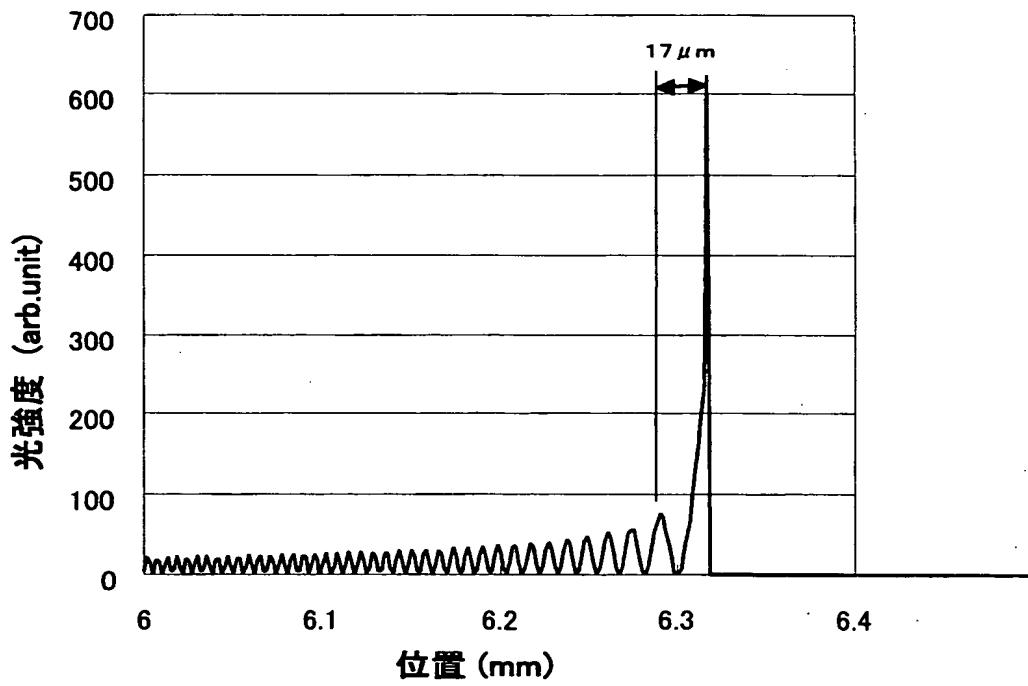


図4

【図5】

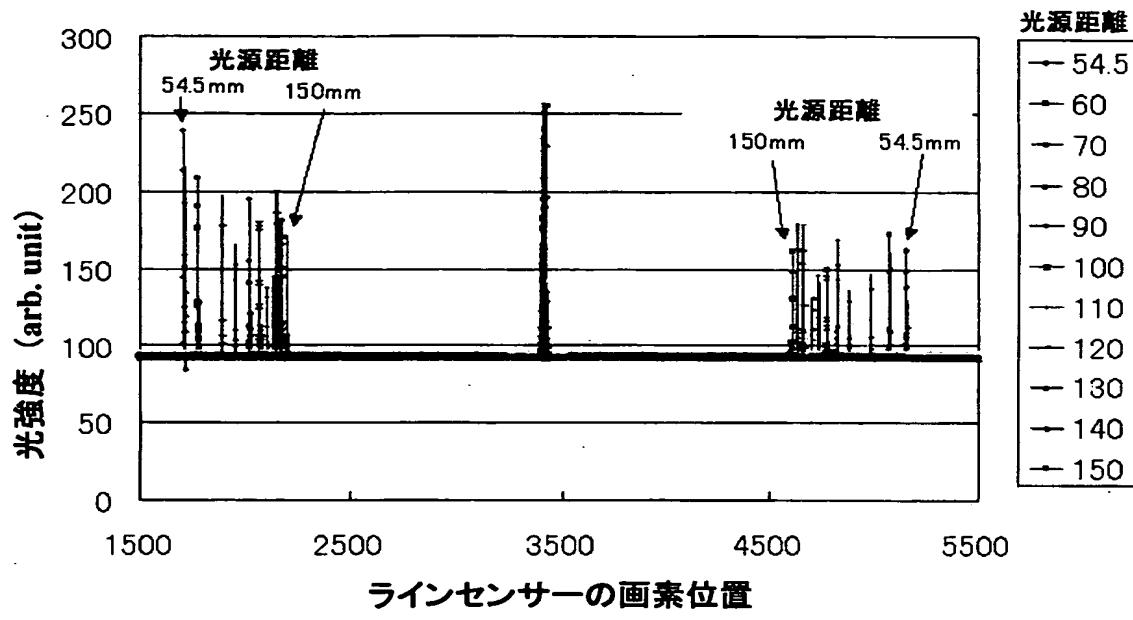


図5

【図6】

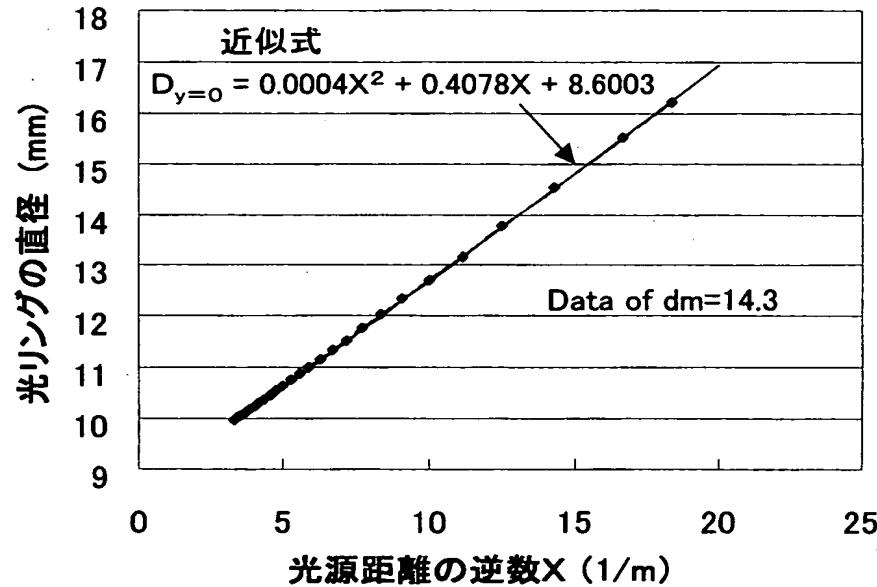


図6

【図7】

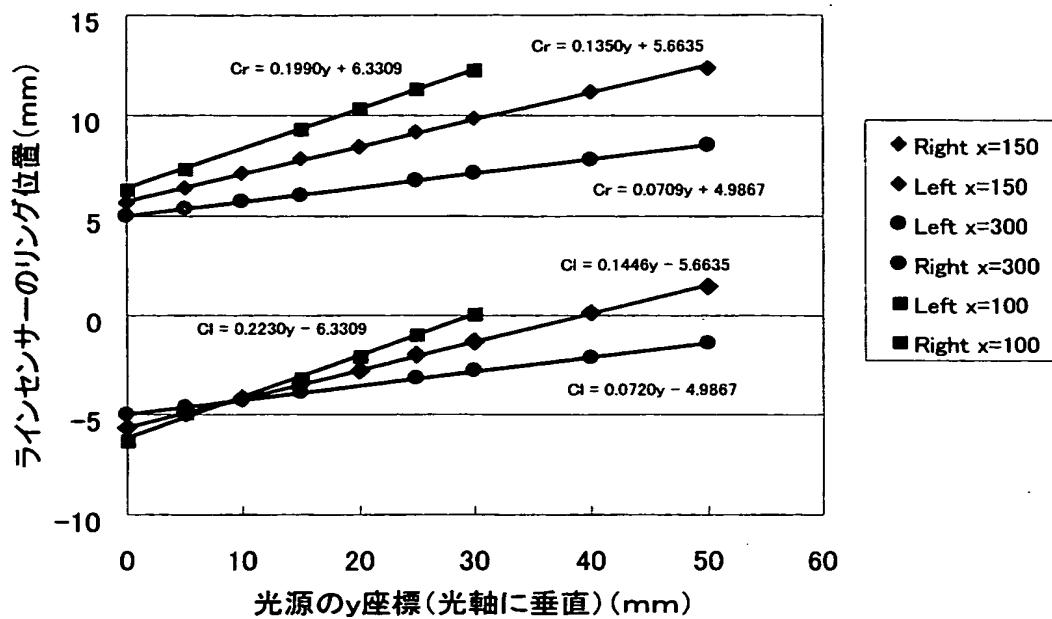


図7

【図8】

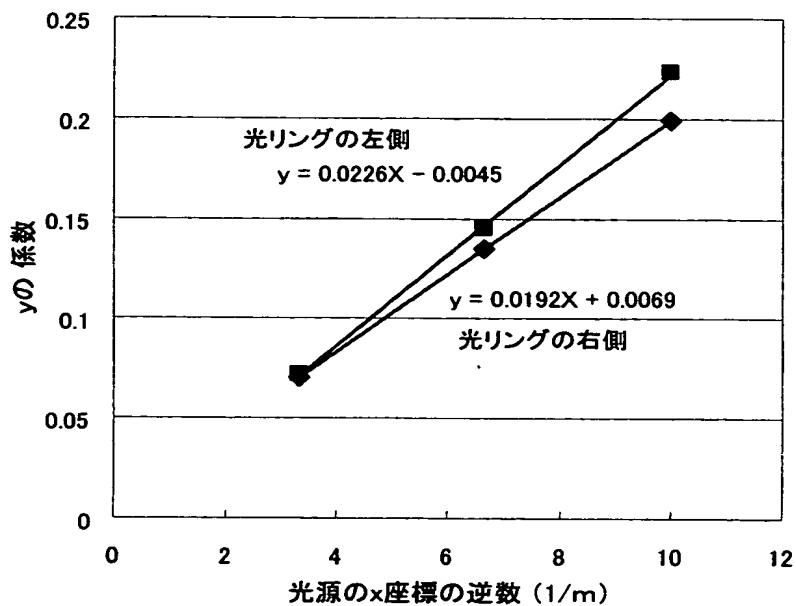


図8

【図9】

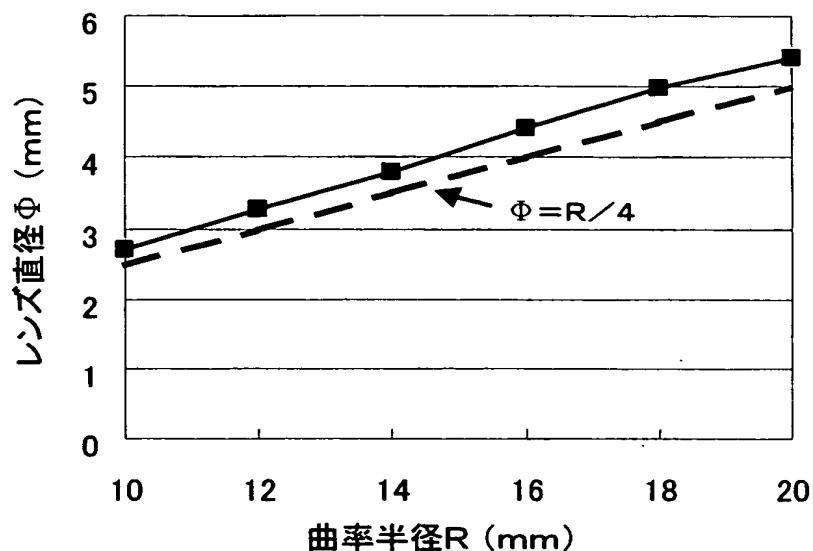


図9

【図10】

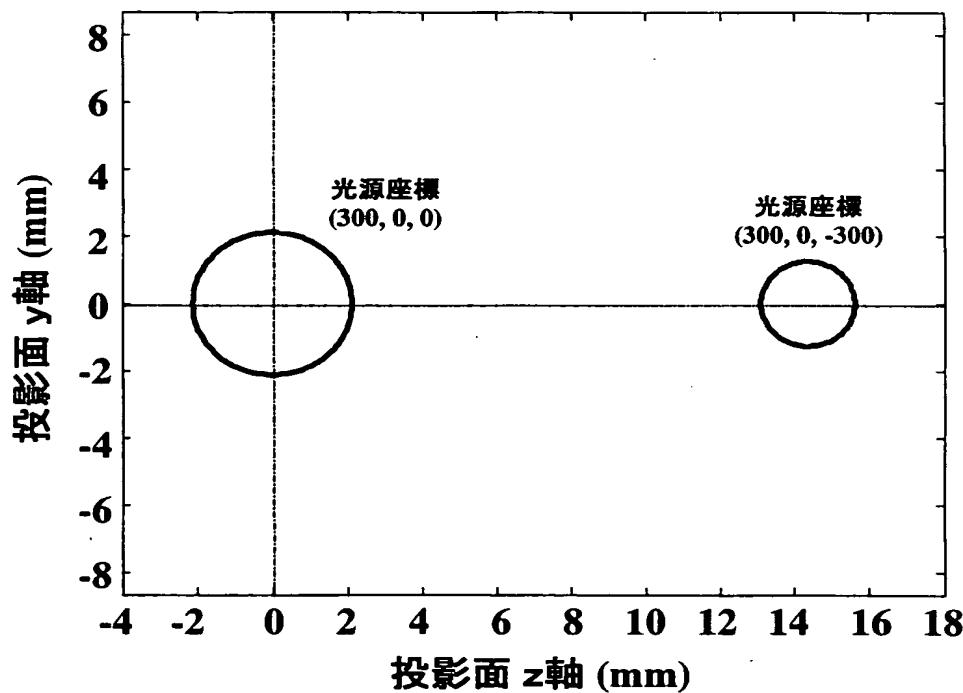


図10

【図11】

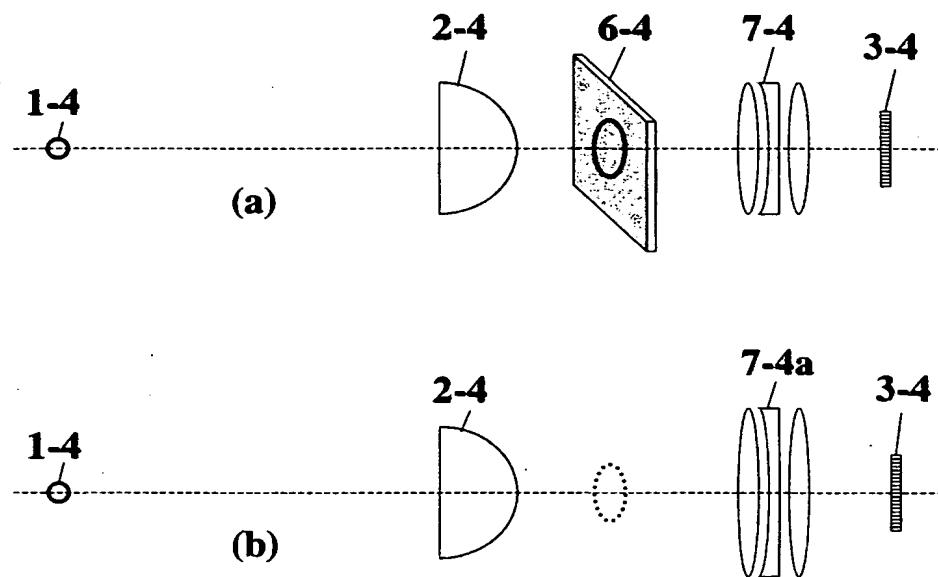


図11

【図12】

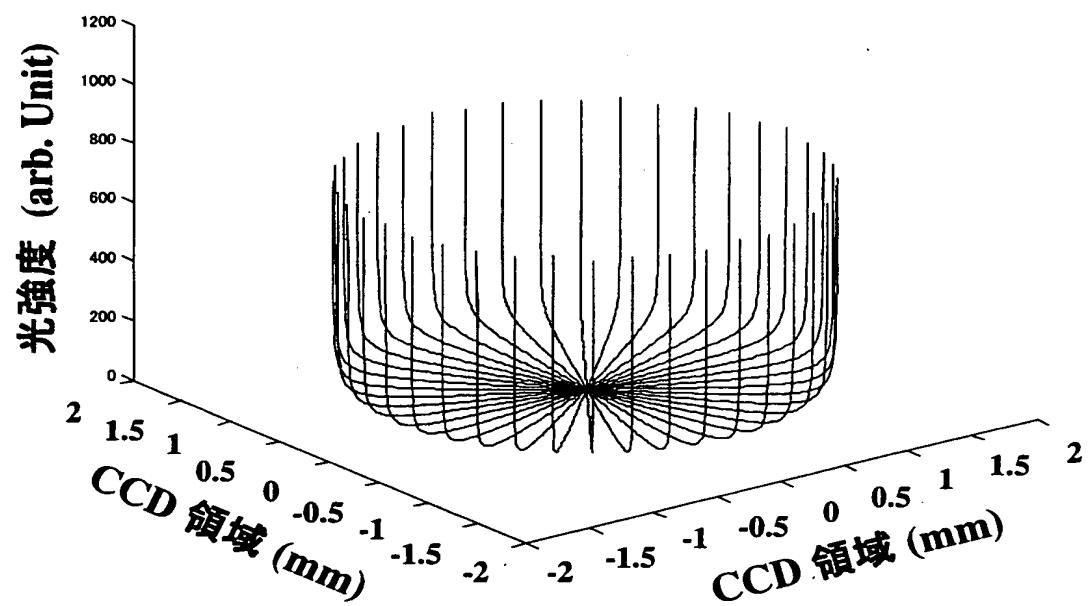


図12

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光を用いて位置計測を単純かつ低コストで行うことができる位置計測システムを提供する。

【解決手段】 本位置計測システムは、光源1と、光源1からの光を透過して球面収差により光リング5-2を形成する球面収差の大きい光学レンズ2と、光学レンズ2により形成された光リング5-2を検出する受光素子（CCDセンサー）3と、CCDセンサー3により検出された光リング5-2の検出情報に基づいて光源1の位置を計測する演算装置9とを備える。光学レンズ2に代えて球面収差の大きい光学ミラーを用いることもできる。

【選択図】 図1

特願2003-002073

出願人履歴情報

識別番号 [000005496]

1. 変更年月日 1996年 5月29日

[変更理由] 住所変更

住所 東京都港区赤坂二丁目17番22号
氏名 富士ゼロックス株式会社